



Milieuscore SNB slibverwerking: update 2015 en 2017

Effect van maatregelen tegendrukturbine
en fosfaatterugwinning op LCA en CO₂



CE Delft

Committed to the Environment

Milieuscore SNB slibverwerking: update 2015 en 2017

Effect van maatregelen tegendrukturbine en
fosfaatterugwinning op LCA en CO₂

Dit rapport is geschreven door:

Maarten Afman

Erik Roos Lindgreen

Ingrid Odegard

Delft, CE Delft, juli 2017

Zuiveringsslib / Verbranding / Maatregelen / Milieu / Effecten / Fosfaat / Materiaalhergebruik /
Turbines

Publicatienummer: 17.2K36.104

Opdrachtgever: N.V. Slibverwerking Noord-Brabant.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Maarten Afman, afman@ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding en doel studie	7
1.2	Onderzoeksvragen	7
1.3	Aanpak en leeswijzer	8
2	Milieuscore SNB	9
2.1	Leeswijzer	9
2.2	Overzicht milieuscore per milieuthema 2011-2015-2017	9
2.3	Milieuscore 2015 en vergelijking met 2011	10
2.4	Milieuscore voor 2017 - elektriciteitsopwekking	13
2.5	Milieuscore voor 2019 - inzet vliegass voor fosfaatruwinning	13
2.6	Resultaten CO ₂ -effecten in de keten	14
2.7	Onderdelen van CO ₂ -effecten in de keten	15
2.8	Vergelijking met vorige LCA-rapport	15
3	Conclusies	17
3.1	Milieuscore in 2015	17
3.2	Milieuscore voor 2017	17
3.3	Milieuscore voor 2019: fosfaatruwinning	17
3.4	CO ₂ -effecten in de keten	17
4	Referenties	18
Bijlage A	Afbakening en methodologie	19
A.1	Doel en afbakening	19
A.2	Impactanalyse	20
A.3	Toerekening uitgespaarde CO ₂	20
A.4	Verschillen met de vorige studie	21
Bijlage B	Inventarisatie	22
B.1	Inleiding	22
B.2	Modellen slibverwerkingsroute	22
B.3	Energiewaarde secundaire grondstoffen en stookwaarden	23
B.4	Infrastructuur	24
B.5	Transportafstanden	25
B.6	Modellering fosfaatruwinning	25
Bijlage C	Inputgegevens	26
Bijlage D	Grafieken detailresultaten	28



Samenvatting

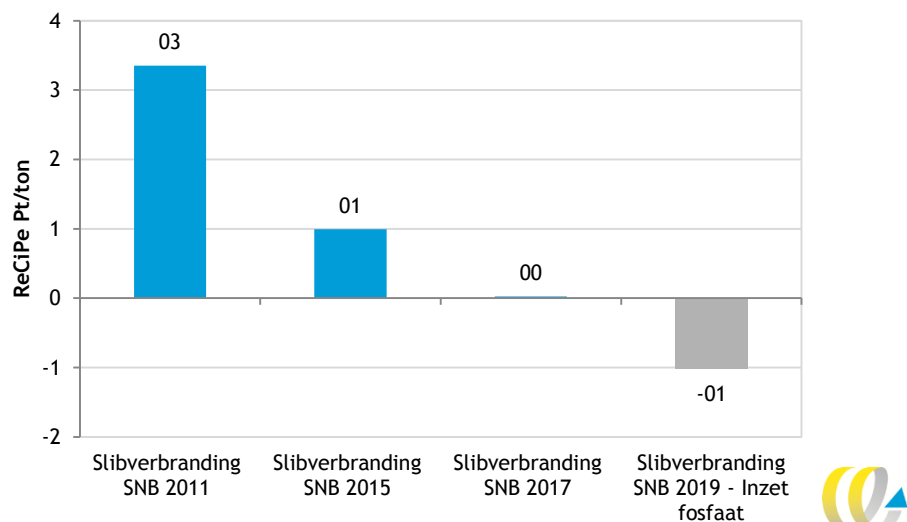
In opdracht van N.V. Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) is een levens-cyclusanalyse van slibverwerking uitgevoerd. Dit rapport is een update van de soortgelijke studie die in 2013 is uitgevoerd. Deze update is nodig omdat SNB maatregelen genomen heeft die de milieuscore significant veranderen. Een belangrijke maatregel die bijvoorbeeld is genomen, is de plaatsing in 2016 van een tegendrukstoomturbine voor meer elektriciteitsproductie uit de opgewekte warmte.

In dit onderzoek worden de volgende hoofdvragen beantwoord:

1. Hoe groot is de milieuscore in 2015 (inclusief het effect van de maatregelen genomen tot en met 2015)?
2. Wat is de milieuscore voor 2017, inclusief het effect van verbetermaatregelen sinds 2015 (o.a. tegendrukturbine)?
3. Wat zou het effect op de milieuscore zijn als alle vliegassen worden ingezet als vervanger van fosfaaterts, zoals beoogd voor het jaar 2019?
4. Wat zijn de CO₂-emissies per ton verwerkte slibkoek?

De resultaten worden samengevat in Figuur 1, die de milieuscore (maat voor milieuschade) weergeeft.

Figuur 1 Totale milieuscore (Pt) per ton verwerkt slib, voor 2011, 2015, 2017 en 2019-voorgenomen



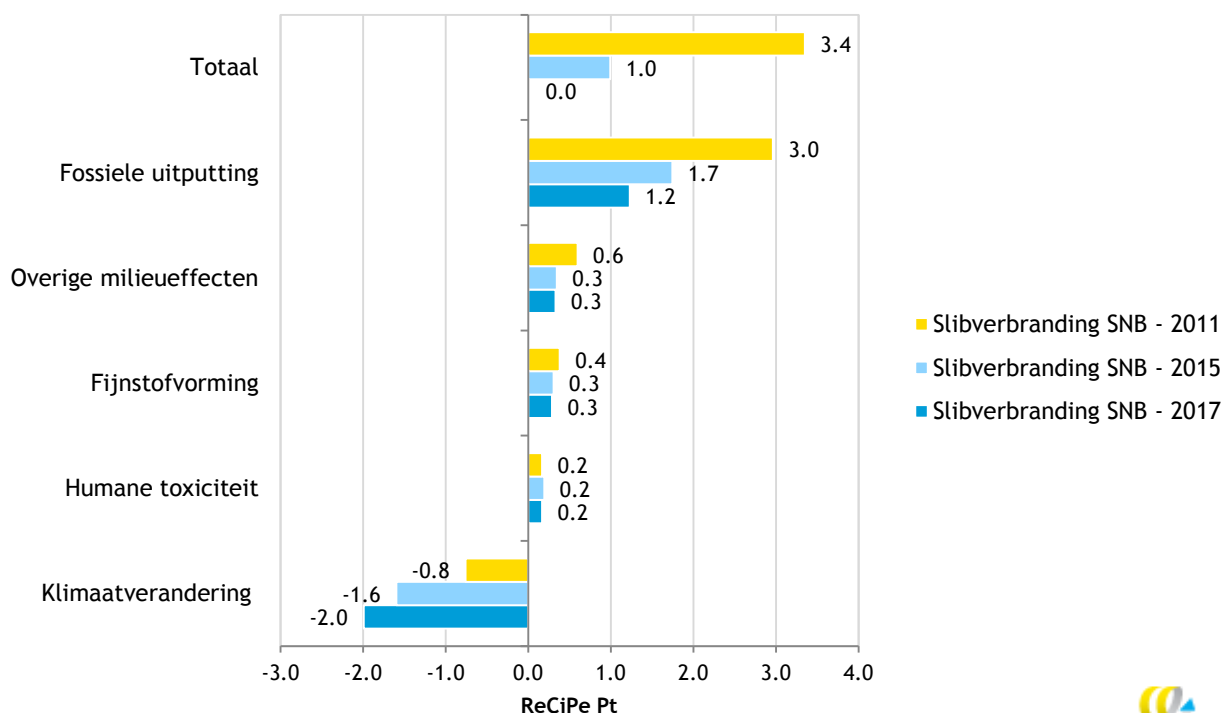
Figuur 1 laat zien dat de maatregelen die uitgevoerd zijn tussen 2011 en 2015 een ingrijpend effect hebben gehad op de totale milieuscore per ton verwerkt slib: deze daalde van 3,4 Pt in 2011 naar 1 Pt in 2015, een daling van de milieudruk van 70%. Dit komt vooral door de afname van de netto inkoop van elektriciteit voor het verwerkingsproces.

Ook laat Figuur 1 zien dat de totale milieuscore in 2017 in feite nihil is: netto veroorzaakt het verwerkingsproces geen milieuschade meer (daling van 100%). Deze milieuwinst is vooral gerealiseerd met het vergroten van de elektriciteitsproductie met de nieuwe tegendrukturbine. In deze modellering is meegenomen dat deze turbine in 2017 het hele jaar elektriciteit zal opwekken.

In de berekening vóór 2019 is te zien dat door hergebruik van 100% van de vliegassen als vervanger van fosfaaterts de milieuscore verder zal afnemen en zelfs negatief zal worden, wat betekent dat de slibverwerking netto milieuschade uitspaart. De milieuscore komt dan op -1 Pt/ton verwerkt slib.

Figuur 2 laat de opbouw van de milieuscore zien. De milieuwinsten worden vooral geboekt door lagere scores voor de milieueffecten fossiele uitputting en klimaatverandering. Uit de analyse op procesniveau blijkt dat beide reducties vooral veroorzaakt worden door het dalende elektriciteitsgebruik van SNB.

Figuur 2 Belangrijkste resultaten milieuscorevergelijking 2011, 2015 en 2017 uitgesplitst in milieueffectcategorieën (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



Tevens is gekeken naar de CO₂-effecten in de keten, door de uitgevoerde procesmodellering te beoordelen naar CO₂-emissies in de levenscyclus (zie Tabel 1). Hieruit blijkt dat de CO₂-impacts van slibverwerking via SNB negatief zijn, netto draagt de slibverwerkingsroute dus bij aan CO₂-vastlegging. Dit komt voor een belangrijk deel dankzij CO₂-levering aan buurbedrijf Omya, wat wij hebben gemodelleerd als een uitgespaarde fossiele CO₂-emissie.

Tabel 1 CO₂-effecten in de keten van slibverwerking via SNB

Jaar	CO ₂ -effecten in de keten (kg CO ₂ -eq per ton verwerkte slibkoek)
2011	-19
2015	-41
2017	-52
2019	-62



De CO₂-keteneffecten van SNB zijn sinds 2011 door de genomen maatregelen sterk gedaald: van -19 kg/ton in 2011 tot -52 kg CO₂-eq/ton verwerkt slibkoek in 2017 en verder naar -62 kg/ton indien toepassing van vliegias als fosfaatertsvervanging van de grond komt, wat is gepland voor 2019.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel studie

SNB wil een zo duurzaam mogelijke verwerkingsroute voor communaal zuiverings-slib aanbieden. Daarom is precieze kennis over de milieukundige prestaties gewenst. Eerder, in 2013, heeft CE Delft de milieuscore van SNB onderzocht en gekeken naar het effect van maatregelen om de milieuscore te verbeteren (CE Delft, 2013). Dit rapport is een update van dat onderzoek, waarbij de effecten van nieuwe maatregelen zijn doorgerekend.

De nieuwe maatregelen die SNB sinds 2011 trof zijn onder andere een afvalwaterzuiveringsinstallatie op basis van het Demon-proces; de plaatsen van nieuwe hogedrukstoomketels en een stoomturbine voor elektriciteits-opwekking; en in 2016 de plaatsing van een nieuwe tegendrukturbine om meer elektriciteit op te wekken met de geproduceerde stoom. Door deze laatste maatregel zal SNB in 2017 netto elektriciteit terugleveren aan het elektriciteitsnet, in plaats van elektriciteit in te kopen.

Naast maatregelen in de eigen installaties richt SNB zich ook op maatregelen in de keten en het zo hoogwaardig mogelijk toepassen van de stoffen die vrijkomen bij het proces. Het vlieg-as van het proces springt daarbij in het oog. Omdat het vlieg-as een hoog gehalte (20%) fosfaat bevat, wordt gestreefd naar inzet bij Ecophos als vervanging van ruw fosfaaterts. Naar verwachting zal deze maatregel in 2019 geïmplementeerd zijn.

Dit rapport stelt zich ten doel om op deze onderwerpen een verdere kwantificering van de milieuscore met nadere onderbouwing te geven. Hierbij zoomen we, op basis van beschikbare gegevens, in op zowel 2015 als 2017, en geven een doorkijk naar het effect voor 2019 inclusief de inzet van vlieg-as als fosfaaterts vervanging. Daarnaast vergelijken we de milieu-resultaten van beide jaren met de resultaten zoals berekend in het vorige rapport naar de milieuscore van SNB (CE Delft, 2013).

1.2 Onderzoeksvragen

1. Hoe groot was de milieuscore in 2015, inclusief het effect van het doorvoeren van alle genomen maatregelen tot en met dat jaar?
2. Wat is de milieuscore voor 2017, inclusief het effect van verbetermaatregelen na 2015 (o.a. tegendrukturbine)?
3. Wat zou het effect op de milieuscore zijn als alle vliegassen worden ingezet als vervanger van fosfaaterts, zoals beoogd voor het jaar 2019?
4. Wat zijn, per ton slibkoek, de CO₂-emissies van de verwerkingsketen?



1.3 Aanpak en leeswijzer

De vragen kunnen beantwoord worden met een levenscyclusanalyse van de verwerkingsroute.

De milieuscore van SNB in 2015 en 2017, met aandacht voor de belangrijkste aspecten, is het onderwerp van Hoofdstuk 2. Hier vergelijken we deze resultaten met elkaar en ook met de resultaten van 2011, om inzicht te geven in de specifieke milieueffecten die veranderd zijn. In Hoofdstuk 3 vatten we de resultaten nog eens kort samen.

De gevolgde methodologie en de afbakeningskeuzes worden beschreven in Bijlage A. Hierbij wordt grotendeels gebruik gemaakt van de methodologie en afbakening zoals omschreven in (CE Delft, 2013). Bijlage B beschrijft de gegevensinventarisatie en hoe dat doorwerkt in de modellering van het proces. Bijlage C behandelt de gebruikte gegevens.

In Bijlage D zijn grafieken met achtergrondinformatie toegevoegd, die meer details presenteren dan de resultaten in Hoofdstuk 2.



2 Milieuscore SNB

In dit hoofdstuk presenteren we de milieuscore van de verwerking van 1 ton slib door SNB op grond van de uitgevoerde analyse.

2.1 Leeswijzer

In Paragraaf 2.2 worden de resultaten van de levenscyclusanalyse van de verwerking van slib door SNB in 2011, 2015 en 2017 naast elkaar gelegd, waarbij de belangrijkste verschillen worden verklaard.

Daarna wordt verder ingezoomd op de resultaten van 2015 (Paragraaf 2.3) en 2017 (Paragraaf 2.4), waarbij op procesniveau gekeken wordt naar de milieueffecten. Hierdoor wordt het effect van de maatregelen, die in de afgelopen jaren gerealiseerd zijn of dit jaar geïmplementeerd worden, zichtbaar.

In Paragraaf 2.5 analyseren we de resultaten voor de afvoer van fosfaat naar Ecophos. SNB zal beginnen met de levering in 2018, waarna in 2019 100% as geleverd zal worden aan Ecophos. In Paragraaf 2.6 is de berekening voor CO₂ opgenomen. In Paragraaf 2.7 zoomen we kort in op een aantal procesonderdelen en hun respectievelijke bijdragen aan de totale CO₂-score. In Paragraaf 2.8 vergelijken we de resultaten met de resultaten uit het vorige rapport.

De bij de analyse gebruikte gegevens staan in Bijlage B en Bijlage C. De gevolgde afbakening en methodologie staan in Bijlage A. Bijlage D bevat nog enkele detailgrafieken van de opbouw van de milieuscore, uit de deelprocessen die zijn gemodelleerd.

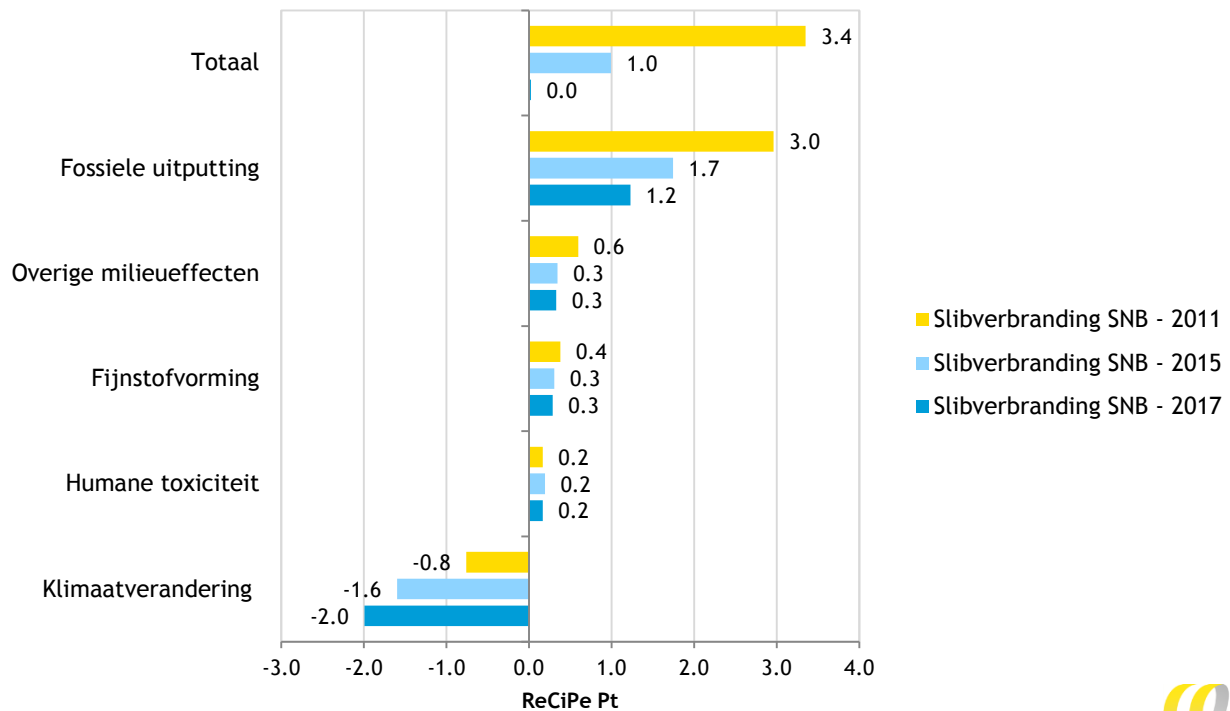
2.2 Overzicht milieuscore per milieuthema 2011-2015-2017

Figuur 3 laat de totale milieuscores voor 2011 (3,35 Pt), 2015 (0,95 Pt) en 2017 (0,02 Pt) zien. Deze milieuscores zijn vervolgens uitgesplitst per milieueffect. De keuze voor deze categorieën is bepaald aan de hand van de milieueffecten die als dominant uit de analyse kwamen: dit zijn klimaatverandering, humane toxiciteit, fijnstofvorming en fossiele uitputting. Een positieve score betekent dat er een schadelijke impact plaatsvindt, terwijl een negatieve score juist aantoont dat er milieuschade voorkomt.

Door de ingevoerde maatregelen (afvalwaterzuiveringsinstallatie op basis van Demon-proces; nieuwe hogedrukstoomketels en stoomturbine voor elektriciteitsopwekking) zijn de milieuscores voor 2015 en 2017 voor elk milieueffect beter dan de situatie in 2011. In 2017 zal de milieuscore zelfs ongeveer 0 zijn door de installatie van de nieuwe tegendrukturbine, waarbij netto elektriciteit aan het net geleverd zal worden. De milieuscore-winst wordt vooral behaald door lagere scores voor de milieueffecten fossiele uitputting en klimaatverandering, die beiden een sterke link met elektriciteitsverbruik hebben.



Figuur 3 Milieuscores van 1 ton slibverwerking in 2011, 2015 en 2017 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)

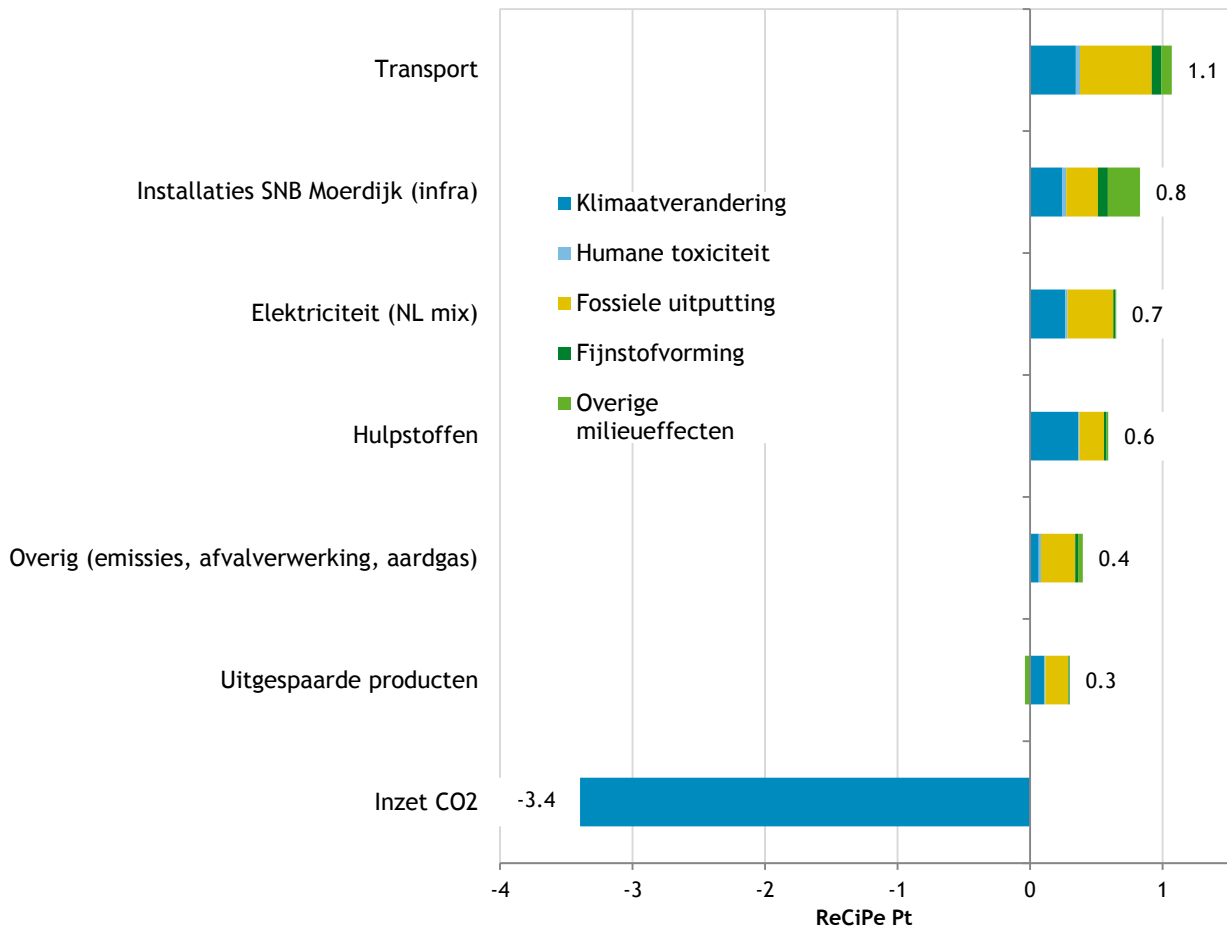


2.3 Milieuscore 2015 en vergelijking met 2011

Hier presenteren we de milieuscore voor slibverwerking in 2015 en 2011. De situatie in 2011 hebben we hierbij opnieuw gemodelleerd: dit is dus geen exacte herhaling van de resultaten zoals in de vorige rapportage beschreven. In Paragraaf 2.8 wordt ingegaan op de vergelijking met de vorige versie van het rapport.



Figuur 4 Uitsplitsing verschillende deelprocessen milieuscore SNB - 2015 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



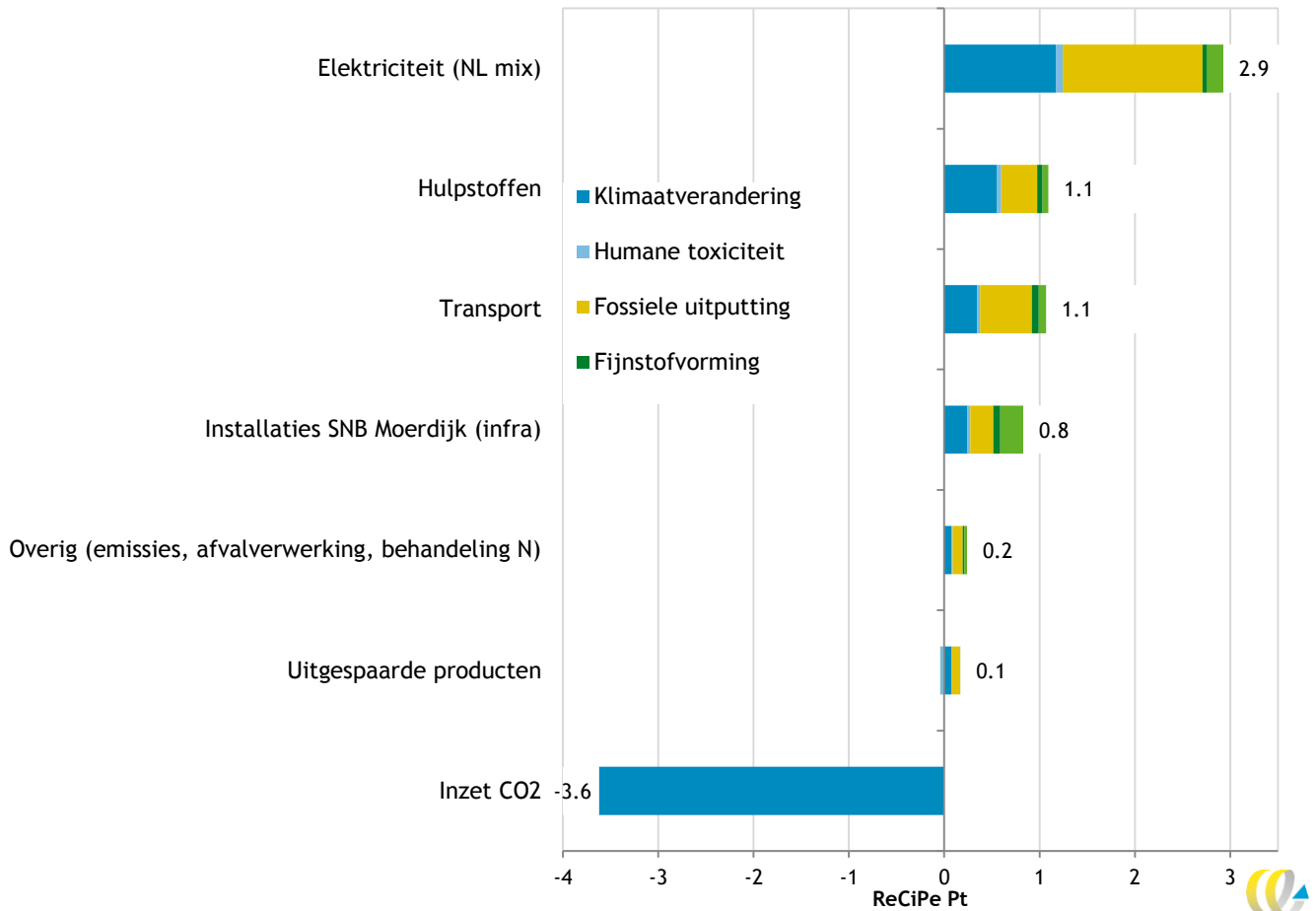
Figuur 4 laat de milieuscore van het verwerken van 1 ton slib in 2015 zien, waarbij de bijdrage van de belangrijkste processen zijn weergegeven. Transport scoort hoog, met een bijdrage van 1,1 Pt, waarna de infrastructuur van SNB (0,8 Pt), het elektriciteitsgebruik (0,7 Pt) en het gebruik van hulpstoffen (0,6 Pt) volgen. De inzet van CO₂ zorgt voor een hoge vermeden milieuscore van -3,4 Pt.

De hoge score voor transport komt voort uit het transport dat veroorzaakt wordt door de aanvoer van slib naar SNB over een afstand van 100 km. Hiervoor is een gemiddelde vrachtwagen (>32 ton) gebruikt in de modellering. Dit leidt tot een relatief hoge milieudruk, die voor het grootste deel veroorzaakt wordt door impacts op het klimaat en fossiele uitputting. De bijdrage van de infrastructuur, oftewel de procesinstallaties die gebruikt worden in de slibverwerkingsroute, is meer verdeeld over verschillende milieueffecten. Opvallend is de positieve bijdrage van de uitgespaarde producten zand, kalk en gips. Deze wordt veroorzaakt door de relatief grote bijdrage van het transport voor elk proces (zie Tabel 7) die zwaarder weegt dan de vermeden milieudruk van de materialen.

Om de milieuscore in 2015 in perspectief te plaatsen is hieronder de milieuscore van 2011 weergegeven, uitgesplitst in soortgelijke procesonderdelen.



Figuur 5 Uitsplitsing verschillende deelprocessen milieuscore SNB - 2011 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



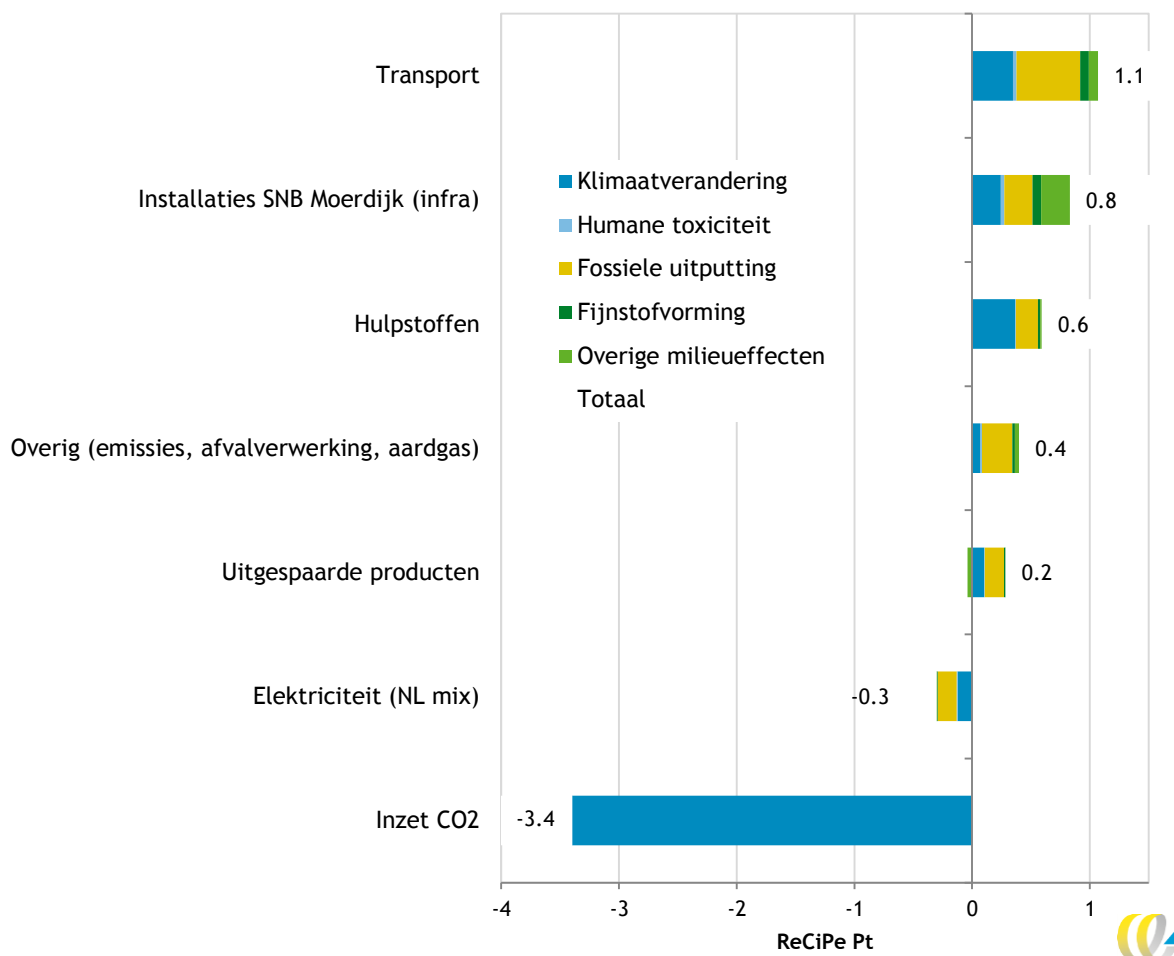
Figuur 5 laat zien dat de milieudruk in 2011 ten opzichte van 2015 anders verdeeld en hoger was. Het gebruik van elektriciteit was in 2011 de veroorzaker van de hoogste milieuscore (2,9 Pt). In 2015 hebben nieuwe hogedrukstoomketels en een stoomturbine voor elektriciteitsopwekking gezorgd voor een milieuscore die meer dan 2 punten lager ligt. Ook het gebruik van hulpstoffen zorgde in 2011 voor een hogere milieuscore: deze was toen 1,1 Pt, en in 2015 zoals eerder gezegd 0,6 Pt. De verklaring hiervoor ligt in het sterk teruggedrongen gebruik van natronloog als hulpstof (van +/- 3 miljoen kilo per jaar naar zo'n 350.000 kilo).

De deelprocessen transport, de installaties van SNB en ook de overige processen zijn min of meer gelijk gebleven qua milieuscore. De vermeden milieuscore door de inzet van CO₂ was in 2011 iets groter door een minimaal verschil in de hoeveelheid CO₂ die afgevoerd werd naar Omya. Verder werden er in 2011 minder processen uitgespaard (nog geen inzet van vlieggas als gips en kalk), waardoor de milieuscore van die deelprocessen ook iets lager ligt.



2.4 Milieuscore voor 2017 - elektriciteitsopwekking

Figuur 6 Uitsplitsing verschillende deelprocessen milieuscore SNB - 2017 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



In 2016 is een nieuwe tegendrukturbine geïnstalleerd, die zal leiden tot meer elektriciteitsproductie waardoor in 2017 netto elektriciteit aan het net geleverd zal worden. Dit is direct terug te zien in Figuur 6: de productie van elektriciteit levert in 2017, net als de inzet van CO₂, een vermeden milieuscore op. Hierdoor wordt de totale milieuscore voor 2017 lager dan in 2015, en komt deze uit op ongeveer 0. De milieuscore van de andere deelprocessen blijft gelijk aan de situatie in 2015.

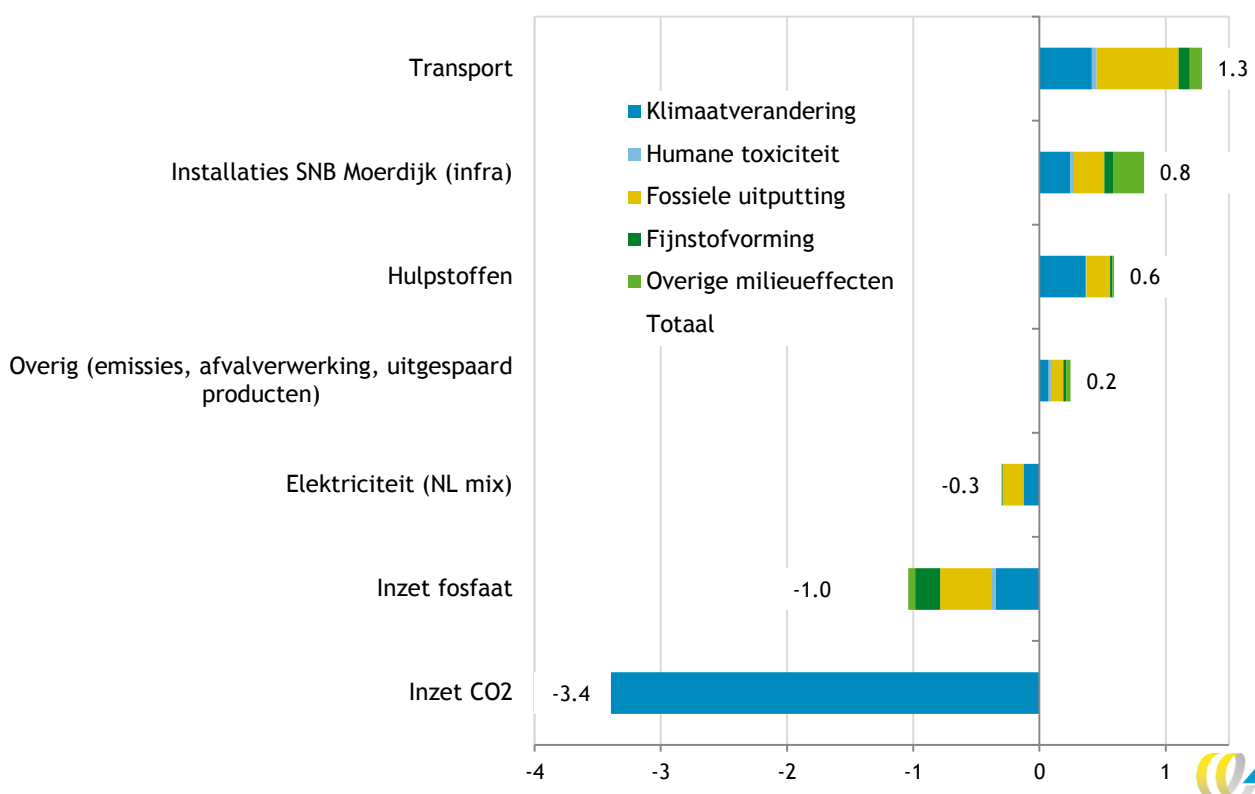
2.5 Milieuscore voor 2019 - inzet vliegias voor fosfaatterugwinning

Als toekomstige maatregel zal in 2019 100% van de vliegias worden ingezet als vervanger van fosfaat. Hierdoor wordt de milieuscore 1 Pt lager. Dit komt, zoals te zien in Figuur 7, door de vermeden milieudruk die de fosfaatinzet oplevert, wat vooral met uitgespaard transport te maken heeft. Bij de modellering is uitgegaan van een concentratie van 20% in de vliegias en het vervangen van erts uit Marokko.

Om tot deze analyse te komen zijn een aantal achtergrondgegevens nodig. Deze achterliggende data beschrijven we hier kort.

De totale hoeveelheid vliegias die wordt ingezet als vervanger van fosfaat is 80,6 kg/ton verwerkt slib. Er wordt een P₂O₅-concentratie in (natuurlijk) fosfaaterts aangehouden van 32%, en een concentratie P₂O₅ in vliegias van 20%. Hiervoor is een correctie uitgevoerd. Verder wordt uitgegaan van een situatie waarin 100% van de vliegias wordt afgevoerd naar Ecophos. Dit gaat om een transportafstand van 230 km. Hier vervangt de vliegias fosfaat dat anders uit Marokko zou komen. In Marokko is het transport van de mijn naar de haven (per truck) eerst 125 km, en dan per schip van de haven van Casablanca naar Rotterdam ongeveer 2.500 km.

Figuur 7 Uitsplitsing verschillende deelprocessen milieuscore 2019 o.b.v. inzet fosfaat ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



2.6 Resultaten CO₂-effecten in de keten

Tabel 2 toont de CO₂-effecten in de keten die het verwerken van zuiverings-slib via het proces van SNB heeft. De resultaten zijn berekend met de global warming potential indicator van de IPCC 2013 impactanalyse methode (IPCC, 2013), voor precies dezelfde modellering van het SNB-proces als waarvoor de milieuscore is bepaald.

Tabel 2 CO₂-effecten in de keten slibverwerking via SNB

Jaar	CO ₂ -effecten in de keten (kg CO ₂ -eq/ton verwerkt slib)
2011	-19,1
2015	-41,4
2017	-51,8
2019	-61,5

Te zien is dat de CO₂-effecten in alle jaren negatief zijn, wat betekent dat de SNB-slibverwerkingsroute netto CO₂-emissies uitspaart. Dat de CO₂-score in alle berekeningen negatief is, is in lijn met de berekening van de milieuscore met ReCiPe, waar het milieuthema klimaatverandering ook negatief scoort. Negatief is hier dus netto gunstig voor het milieu. Zoals reeds eerder uiteengezet, zorgt de CO₂-levering aan Omya voor een belangrijke bijdrage aan deze negatieve score. Dit wordt veroorzaakt door de modellering van deze levering als uitgespaarde CO₂-emissies (zie de uitleg in Bijlage A.2).

Verder is te zien dat de toegenomen elektriciteitsproductie ervoor zorgt dat de CO₂-score er in 2015 en 2017 sterk op vooruitgaat. Als daarnaast ook de 100% inzet van vlieggas als fosfaatertsvervanger in 2019 gerealiseerd zal zijn, dan levert dit een duidelijke verdere verbetering van de CO₂-score voor dat jaar, met name door uitgespaarde transportemissies.

2.7 Onderdelen van CO₂-effecten in de keten

Om een beter beeld te geven van de achtergrond van de CO₂-effecten zoals hierboven weergegeven, zoomen we kort in op een aantal procesonderdelen en hun respectievelijke bijdragen aan de CO₂-score. De berekening is uitgevoerd met dezelfde impactanalyse methode als in Paragraaf 2.6.

Tabel 3 Kentallen voor CO₂-emissies voor een aantal belangrijke procesonderdelen van de uitgevoerde modellering

Procesonderdeel	CO ₂ -kental
Elektriciteit (mix NL, data CE Delft)	0,47 kg CO ₂ -eq/kWh
Processtoom ¹	0,236 kg CO ₂ -eq/kg stoom
Transport slib (vrachtwagen >32 ton)	0,091 kg CO ₂ -eq/tkm
Inkoop van aardgas	0,136 kg CO ₂ -eq/m ³
Inzet vlieggas als vulstof zoutmijn	0,076 kg CO ₂ -eq/kg vlieggas
Inzet vlieggas als fosfaatertsvervanger	0,52 kg CO ₂ -eq/kg fosfaaterts
Inzet kalksteen ('lime')	0,0047 kg CO ₂ -eq/kg kalksteen
Levering biogene CO ₂ aan Omya	-1 kg CO ₂ /kg CO _{2,biogeen}

2.8 Vergelijking met vorige LCA-rapport

In de studie (CE Delft, 2013) is ook de milieuscore van SNB bepaald. Toen kwamen we voor 2011 op een netto milieuscore van 1,9 ReCiPe-punten per ton slibkoek. In deze studie komen we op 3,4 Pt, wat dus hoger is.

Er zijn een viertal hoofdredenen aan te wijzen: de modellering van CO₂, de modellering van de inzet van vlieggas als fosfaatertsvervanger, de modellering van elektriciteit, en ten derde verschillen tussen Ecoinvent-databaseversies die vergelijkbaarheid tussen studies compliceert.

Inzet van biogene CO₂ bij Omya

Bij het modelleren van uitgespaarde producten kan een levenscyclusanalyse soms tot moeilijke modellerings- en toerekeningskeuzes leiden. Speciaal voor CO₂-levering hebben we in het vorige rapport een keuze gemaakt die bij nader inzien minder goed te verdedigen lijkt. In het 2013-rapport is een modelleringskeuze gemaakt vanuit de gedachte 'wat verandert er in het systeem

¹ Dit is de CO₂-score van het Ecoinvent-proces 'Steam, for chemical processes, at plant RER'.



indien de CO₂-levering vanuit SNB stopt?'. Een korte termijnoplossing van Omya is dan dat ze gecompriemd CO₂ met flessen uit de regio Europoort zou gaan betrekken. In deze studie vinden we dat bij nader inzien een te complexe en te rijke beschouwing. Het lijkt ons beter de vastlegging van biogene CO₂ die anders zou vrijkomen te beschouwen als een vermeden fossiele CO₂-emissie. Bijlage A.3 gaat hier verder op in. Het verschil is significant op de milieuscore: de bijdrage van CO₂-vastlegging in de oude studie was -5 Pt/ton, nu is dat -3,6 Pt/ton.

Fosfaatertsvervanging

In het vorige rapport zat helaas een fout in de modellering: de berekening van de benodigde hoeveelheid transport om fosfaaterts naar de verwerking in Nederland te brengen is te fors. Door een fout met de concentratie fosfaat in fosfaaterts is de hoeveelheid transport met een factor 3 overschat. Daarmee is de inzet van vliegias als fosfaatertsvervanger, die transport en winning uitspaart, ook ongeveer met een factor 3 overschat. De correcte berekening geeft dat, bij benutting van 100% vliegias als recycling voor fosfaaterts, de bijdrage ongeveer -1 Pt aan de milieuscore is. Het verschil voor de maatregel 100% fosfaaterts-vervanging bedraagt 2,2 Pt. Op de milieuscore voor het jaar 2011 is de fout (door het kleinere percentage fosfaaterts vervanging) 0,1 Pt.

Elektriciteit

In deze update is een andere modellering voor elektriciteit gehanteerd. Waar eerder het Ecoinvent 2-proces voor gemiddelde elektriciteit op de markt in Nederland is geselecteerd, gebruiken we nu de CE Delft-modellering voor elektriciteit uit onze eigen database. Deze modellering geeft een preciezer en actueler beeld van de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix, op basis van stroometiketten en onderzoek door de energiesector van CE Delft. Door o.a. een iets hoger aandeel groene stroom in de Nederlandse elektriciteitsmix geeft de CE Delft-modellering een minder hoge milieudruk: 12,1 mPt per MJ, versus 14,6 mPt per MJ voor de eerder gebruikte elektriciteitsmodellering. Dit verschil werkt vervolgens door in de milieuresultaten.

Ecoinvent-versies

Omdat de modellering in dit rapport is uitgevoerd met de Ecoinvent 3-database i.p.v. Ecoinvent 2 en een nieuwe versie van de ReCiPe-methode is gebruikt, kunnen er kleine verschillen zijn met de vorige studie. Dit geldt vooral voor de modellering van 2011: hierin zijn de ReCiPe Pt-scores niet rechtstreeks vergelijkbaar.



3 Conclusies

In dit onderzoek is een levenscyclusanalyse van de verwerking van slib door SNB uitgevoerd, een update van het onderzoek naar de milieuscore van SNB.

De hoofdconclusies op de onderzoeksvragen geven we in dit hoofdstuk weer.

3.1 Milieuscore in 2015

De milieuscore in 2015 laat het effect zien van het doorvoeren van alle genomen maatregelen tot en met 2015. Sinds 2011 is de milieuscore sterk verminderd door het Demon-proces, de nieuwe hogedrukstoomketels en een stoomturbine voor elektriciteitsopwekking. De milieudruk in 2015 is hierdoor 1 Pt (ReCiPe score) per ton verwerkte slibkoek, in vergelijking met 3,4 Pt in 2011. Dit is een daling van 2,4 Pt (-70%).

3.2 Milieuscore voor 2017

De milieuscore voor 2017 laat het effect zien van de ná 2015 genomen verbetermaatregelen, de belangrijkste waarvan de plaatsing van een nieuwe tegendrukturbine is.

Uit de berekening blijkt dat de milieudruk van het verwerkingsproces van SNB verder verkleind is in 2017, als de nieuwe tegendrukturbine is gerealiseerd. SNB zal elektriciteit aan het net leveren. De totale milieuscore per ton verwerkt slib komt op 0 Pt uitkomt: netto geen milieuschade meer.

3.3 Milieuscore voor 2019: fosfaatertsvervanging

Wat zou het effect op de milieuscore zijn als alle vliegassen worden ingezet als vervanger van fosfaaterts, zoals beoogd voor het jaar 2019?

Als dit gerealiseerd wordt, dan zal de milieuscore verder afnemen t.o.v. 2017 met 1 Pt, tot een milieuscore van -1 Pt/ton.

3.4 CO₂-effecten in de keten

De CO₂-effecten van SNB zijn negatief door de CO₂-levering aan buurbedrijf Omya, gemodelleerd als een uitgespaarde fossiele CO₂-emissie en door de toegenomen elektriciteitsproductie.

De CO₂-score van SNB is sinds 2011 door de genomen maatregelen sterk gedaald: van -19 kg/ton in 2011 tot -52 kg CO₂-eq/ton verwerkt slibkoek in 2017 en verder naar -62 kg/ton indien toepassing van vliegas als fosfaatertsvervanging van de grond komt, gepland voor 2019.



4 Referenties

CE Delft, 2013. *Milieuscore monoverbranden van zuiveringslib. Detailanalyse SNB-monoverbranding, effect fosfaathergebruik*, Delft: CE Delft.

Ecoinvent centre, 2016. *Ecoinvent 3.3*, Zurich: sn.

IPCC, 2013. *Global Warming Potentials*. sl: sn.

Pré Consultants, 2016. *SimaPro*. Amersfoort: Pré Consultants.

RIVM et al., 2016. *ReCiPe Version 1.13*. Leiden: RIVM, CML, Pré Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen, CE Delft.

Sijstermans, 2016. *Data SNB slibverwerkingsproces*, Moerdijk: sn.



Bijlage A Afbakening en methodologie

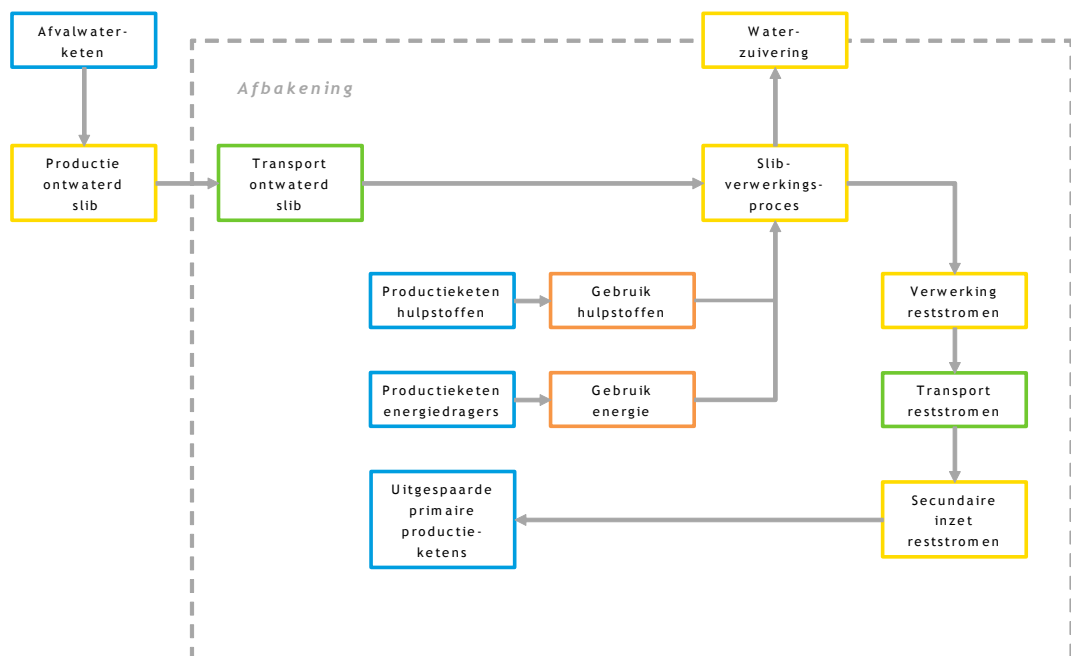
In deze bijlage lichten we de gevolgde methodologie toe. De onderzoeksvragen kunnen worden beantwoord met een levenscyclusanalyse (LCA). De eerste stap 'doel en afbakening' wordt beschreven in Bijlage A.1. Extra uitleg over de keuze voor de toerekening van CO₂ volgt in Bijlage A.2. In Bijlage B wordt vervolgens de methode waarmee de milieu-impacts worden geanalyseerd uitgelegd, evenals de gegevens die gebruikt zijn in de analyse. De gemaakte keuzes leiden tot een aantal beperkingen van de aanpak, deze zijn het onderwerp van Bijlage A.3. In Bijlage A.4 worden een aantal verschillen met de vorige studie uiteen gezet.

A.1 Doel en afbakening

Het doel van deze LCA is inzicht te geven in de milieueffecten van de maatregelen die SNB over de afgelopen jaren ingevoerd heeft. Hiervoor is ook een vergelijking met de resultaten, zoals die eerder uitgerekend zijn, nodig: daardoor is het gewenst de grenzen van het beschouwde systeem gelijk te houden aan hoe deze eerder vastgelegd zijn. Ook de functionele eenheid blijft hetzelfde: de eindverwijdering van 1 ton slibkoek.

De slibverwerkingsroute wordt in kaart gebracht vanaf de aanvoer van ontwaterd slib tot en met de verwerking van reststromen en uitgespaarde productieketens door het inzetten van het secundaire materiaal. Waar dit van toepassing is, wordt transport meegenomen. Van alle processen worden alle emissies en impacts op de omgeving zoveel mogelijk meegenomen.

Figuur 8 Systeemgrenzen



A.2 Impactanalyse

De modellering en impactanalyse zijn uitgevoerd in de LCA-software SimaPro (Pré Consultants, 2016).

Voor de milieuscore is de ReCiPe-impactanalysemethode gebruikt (RIVM et al., 2016). In deze methodiek zijn meerdere relevante maar verschillende milieuthema's opgenomen, en deze thema's worden verwerkt via normalisatie en weging tot een totaalscore van de milieudruk. We laten de opbouw van de milieueffecten zien.

Fosforschaarste (depletie van minerale voorraden fosfaaererts in de aardkorst) is niet een milieueffect dat is opgenomen in de ReCiPe-methode. In de 2013-studie hebben we wel een methode geïntroduceerd om hier uiting aan te geven, maar deze methode hebben we niet in de voorliggende LCA gebruikt.

Voor de CO₂-effecten gebruiken we de IPCC-impactanalysemethode, die naar de broeikasemissies kijkt en het *global warming potential* van geëmitteerde stoffen over een tijdshorizon van 100 jaar beschouwt en uitdrukt in CO₂-equivalente emissies (IPCC, 2013).

De CO₂-impactanalyse volgt een andere afbakening dan gebruikelijk in het greenhouse gasprotocol, indelingen in scope 1-2-3, etc. zijn niet gedaan.

A.3 Toerekening uitgespaarde CO₂

Bij het modelleren van uitgespaarde producten kan een levenscyclusanalyse soms tot moeilijke modellerings- en toerekeningskeuzes leiden. Speciaal voor CO₂-levering behoeft de keuze voor toerekening in dit rapport toelichting.

In de analyses voor SNB is steeds de inzet van restproducten gemodelleerd als een bepaalde hoeveelheid transport en een bepaalde uitgespaarde andere grondstofketen (bijv. winning zand of productie gips). De milieuschade of de milieubaten hiervan worden aan het SNB-proces toegerekend.

Rond CO₂-levering aan naastgelegen Omya is volgens dit principe in het 2013-rapport ook een keuze gemaakt rond de levering van CO₂, vanuit de gedachte 'wat verandert in het systeem indien de CO₂-levering vanuit SNB stopt?'. In het 2013-rapport is op basis hiervan de CO₂-levering door SNB aan Omya gemodelleerd als uitgespaarde vervanging van levering van gecombineerd CO₂, waarbij is aangenomen dat dit het gecombineerd CO₂ met flessen uit de regio Europort zou worden aangevoerd.

Gezien het grote belang van CO₂-levering voor deze milieuscore is hier opnieuw naar gekeken, en zijn we tot de conclusie gekomen dat die manier te complex is en meer omvat dan minimaal nodig is.

De betere keuze lijkt ons om het zo te beschouwen: door de maatregel levert SNB een deel van haar rookgassen aan Omya waar het langjarig wordt vastgelegd in een product (PCC calciumcarbonaat). Hierdoor komt het niet in de atmosfeer. Om dit effect te modelleren en toch een strakke afbakening rond SNB te hanteren, zien we deze uitgespaarde release van op zichzelf biogene emissie als een uitgespaarde fossiele CO₂-emissie. Door de emissiereductie als een uitgespaarde fossiele emissie te zien, kennen we wel een voordeel toe aan de maatregel. Door de uitgespaarde emissie zo als een emissiereductie te



modelleren behoeven er geen aanvullende aannamen gedaan te worden over de situatie van Omya, zoals in het 2013-rapport wel nodig was. De modellering in dit rapport is daardoor anders dan in het vorige rapport. De modellering van uitgespaarde fossiele CO₂-emissies geeft nog steeds een groot effect, maar dit effect is 30% kleiner dan voorheen.

De milieubaten van de inzet van CO₂ bij Omya zijn conform 1:1 afspraken tussen de bedrijven rond de gedane investeringen wel volledig aan SNB toegerekend.

A.4 Verschillen met de vorige studie

Naast het verschil in CO₂-modellering zijn er andere factoren die de vergelijkbaarheid met het rapport uit 2013 limiteren. Omdat de modellering in dit rapport is uitgevoerd met de Ecoinvent 3-database i.p.v. Ecoinvent 2, en een nieuwe versie van de ReCiPe-methode is gebruikt, kunnen er kleine verschillen zijn met de vorige studie. Dit geldt vooral voor de modellering van 2011: hierin zijn de ReCiPe Pt-scores niet rechtstreeks vergelijkbaar.

Daarnaast is er in deze update een andere modellering voor elektriciteit gehanteerd. Waar eerder het Ecoinvent 2-proces voor gemiddelde elektriciteit op de markt in Nederland is geselecteerd, gebruiken we nu de CE Delft-modellering voor elektriciteit uit onze eigen database. Deze modellering geeft een preciezer en actueler beeld van de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix, op basis van stroometiketten en onderzoek door de energiesector van CE Delft. Door o.a. een iets hoger aandeel groene stroom in de Nederlandse elektriciteitsmix geeft de CE Delft-modellering een minder hoge milieudruk: 12,1 mPt per MJ, versus 14,6 mPt per MJ voor de eerder gebruikte elektriciteitsmodellering. Dit verschil werkt vervolgens door in de milieuresultaten.

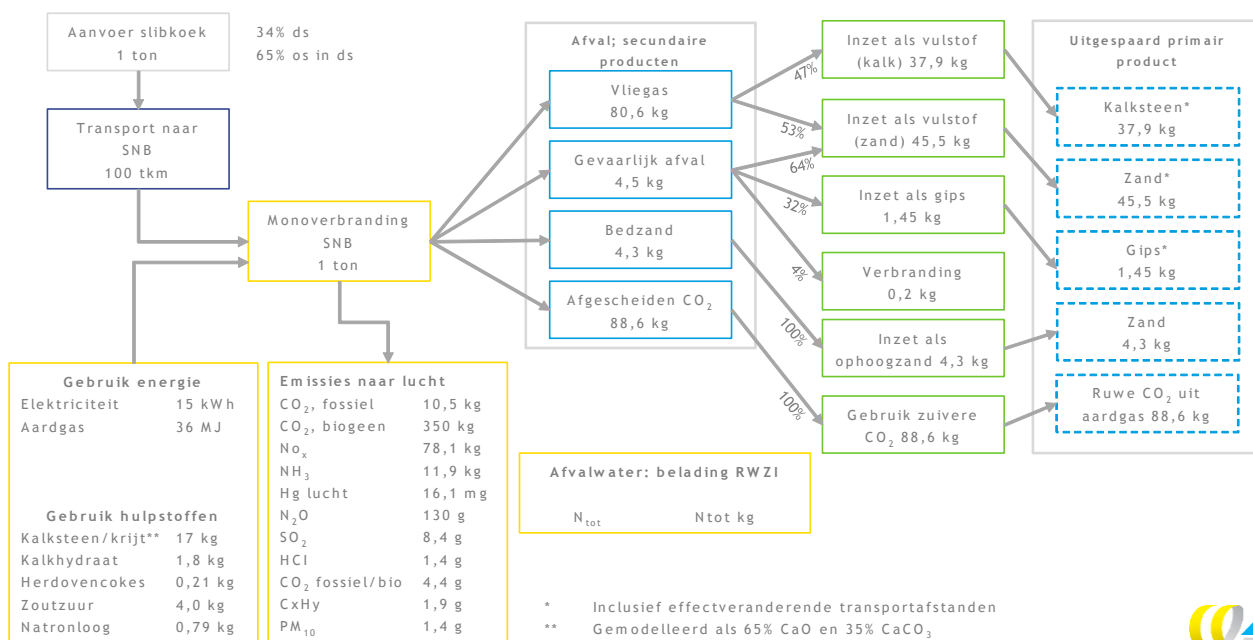
Bijlage B Inventarisatie

B.1 Inleiding

Zoals gebruikelijk is, zijn gegevens voor de modellering afkomstig uit een aantal bronnen. Ten eerste is de Ecoinvent-database (Ecoinvent centre, 2016) met levenscyclusinformatie gebruikt. Deze database bevat levenscyclusinformatie van meer dan 4.000 processen uit de verschillende sectoren. De processen voor slibverwerking in Ecoinvent zijn echter niet specifiek toepasbaar op de situatie zoals onderzocht.

Hierdoor is gekozen om de processen op te bouwen op basis van milieugegevens van SNB. De primaire gebruikte gegevensbron voor de emissies, energiegebruiken, en hulpstoffeninzet zijn nader verkregen uit opgaaf van - en communicatie met - SNB (Sijstermans, 2016). De gebruikte gegevens zijn ook opgenomen in Bijlage C.

Figuur 9 Modelling slibverwerkingsroute monoverbranding SNB - situatie 2015



B.2 Modellen slibverwerkingsroute

De verwerkingsroute is geanalyseerd, waarbij alle hoeveelheden uitgedrukt zijn in de functionele eenheid (ton slibkoek verwerkt). Figuur 9 geeft het overzicht van de belangrijkste massastromen voor monoverbranding in 2015. Dit is de basis voor de modellering in het programma SimaPro, en toont al een aantal verschillen met het overzicht van massastromen zoals eerder gepubliceerd. In het overzicht zijn ook de emissies naar lucht en de emissies naar water weergegeven.

De belangrijkste verschillen met het model van de massastromen, zoals deze is opgesteld in 2013, zijn te vinden in een aantal additionele uitgespaarde producten. Deze zijn weergegeven in Tabel 4. Hierbij is het belangrijk op te merken dat deze gegevens voor 2015 en 2017 gelijk blijven. Daarnaast is, ten opzichte van de situatie in 2010/2011, het elektriciteitsverbruik sterk gedaald: van 56 kWh naar 15 kWh/ton verwerkt slib. Dit is gerealiseerd door nieuwe stoomketels en stoomturbines voor elektriciteitsopwekking te installeren. Daarnaast is het gebruik van bepaalde hulpstoffen iets toe- of juist afgenomen. Hier zijn echter geen grote verschillen te zien, aangezien het proces verder grotendeels onveranderd is.

De grootste verandering die plaats zal vinden tussen 2015 en 2017 is de realisatie van een nieuwe tegendrukturbine waarmee de hoeveelheid elektriciteitsopwekking vergroot kan worden. Hierdoor zal SNB helemaal geen elektriciteit van het net hoeven te betrekken, maar juist elektriciteit aan het net leveren. Het gebruik van elektriciteit van 15 kWh zal hierdoor dalen naar -0,7 kWh per ton verwerkt slib. Dit is de enige wijziging in de modellering van de slibverwerkingsroute tussen 2015 en 2017, hierdoor is ervoor gekozen dit model niet weer te geven.

Tabel 4 Uitgespaarde producten (2015 en 2017)

Uitgespaard product	Vervangt materiaal	Kg/ton verwerkt slib
Vliegas → Vulstof asfalt	Kalk	38,1
Vliegas → Vulstof zoutmijn	Zand	20,5
Vliegas → Vulstof afdekking stortplaats	Zand	12,9
Vliegas → Vulstof beton	Zand en kalk (50/50)	9,1
Gevaarlijk afval → Zoutmijn	Zand	2,9
Gevaarlijk afval → Inzet als gips	Gips	1,5
Bedzand → Ophoogzand	Zand	4,3
CO ₂ → Omya	CO ₂	88,6

B.3 Energiewaarde secundaire grondstoffen en stookwaarden

Tabel 5 Stookwaarden restproducten en brandstoffen

	Stookwaarden
Steenkool	24,5 MJ _{LHV} /kg
Aardgas	31,65 MJ _{LHV} /Nm ³
Diesel	42,7 MJ _{LHV} /kg
Petroleum cokes	35,2 MJ _{LHV} /kg
Houtsnippers (zachthout, u=40%, 169 kg/m ³)	10,26 MJ _{LHV} /kg
Gedroogd slib	11,8 MJ _{LHV} /kg

Bronnen: Fossiele energiedragers: Nederlandse brandstoffenlijst (Agentschap NL, 2011).
Houtsnippers: ontleend aan Energiequelle Wallhecke, 2012.



B.4 Infrastructuur

Infrastructuur vormt een onderdeel van de levenscyclusanalyse. In het geval van slibverwerking gaat het dan om de procesinstallaties. De milieu-impacts van de bouw van de procesinstallaties (beton, staal, landgebruik, energie bouwmachines) worden gealloceerd naar een zekere functionele levensduur. Zo ontstaat dan een kleine bijdrage aan de totale milieuscore. Het gebruikte infrastructuurproces is weergegeven in Tabel 6. Dit proces is gekozen om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de praktijk.

Tabel 6 Infrastructuurprocessen volgens Ecoinvent 'Municipal waste incineration plant/CH'

Input/aspect	Waarde	Eenheid
Oppervlakte van site	3.000	m ²
<i>Bouwmaterialen</i>		
RVS Chromium steel 18/8	80	ton
Reinforcing steel	4	kton
Cement	5	kton
Grind	35	kton
Bitumen	800	ton
Zand	10	kton
Transport bouwmaterialen, vrachtwagen	2,8	miljoen tonkm
Transport bouwmaterialen, trein	1,5	miljoen tonkm
Afvalverwerking bouwmaterialen	52	kton

De Ecoinvent-gegevens zijn voor een installatie met een capaciteit van 100 kt/j en een levensduur van 40 jaar. In deze studie is uitgegaan van een functionele levensduur van 25 jaar, de impacts van het Ecoinvent-infrastructuurproces moeten dus worden geschaald naar deze kortere levensduur. Daarnaast is de genoemde capaciteit ook niet in overeenstemming met de > 400 kt/j capaciteit van SNB.

Hierdoor is de hoeveelheid van bovenstaand infrastructuurproces die wordt toegerekend aan de verwerking van 1 ton slibkoek aangepast; hierbij is een schaalfactor van 0,7 gehanteerd (om tot uitdrukking te brengen dat grotere installaties materiaalefficiënter worden gebouwd).

B.5 Transportafstanden

Tabel 7 Gebruikte transportafstanden

Te modelleren onderdeel	Afstand
Aanvoer slib naar SNB	100 km
Transport 'verbranding gevaarlijk afval'	Transport over de weg naar Antwerpen Afstand: 71 km
Transport 'gevaarlijk afval naar zoutmijn'	Transport over de weg naar Sondershausen Afstand: 527 km
Transport 'gevaarlijk afval inzet als gips'	Transport over de weg naar Rosieres Aux Salines Afstand: 460 km
Transport 'vliegas als vulstof asfalt'	Transport over de weg naar drie locaties: Wanssum, Maastricht, Winterswijk Gemiddelde afstand: 165 km
Transport 'vliegas naar zoutmijn'	Transport over de weg naar Sondershausen Afstand: 527 km
Transport 'vliegas naar stortplaats'	Transport over de weg naar Zevenaar Afstand: 130 km
Transport 'vliegas als vulstof beton'	Transport over de weg naar (gelijk verdeeld) Veghel en Kampen Gemiddelde afstand: 131 km

Voor het gebruik van bedzand als ophoogzand na reinigen wordt geen transport meegenomen. We gaan ervan uit dat er geen substantieel verschil in transportafstand zal zijn als een wegenbouwbedrijf ophoogzand bij SNB weghaalt, of zand uit Limburg of uit de Noordzee.

Bij alle transportafstanden is uitgegaan van een gemiddelde vrachtwagen van > 16 ton (Europees gemiddelde wagenpark). Alleen voor het transport van slib over de weg is een vrachtwagen van > 32 ton op basis van het Europese gemiddelde Euro 5-wagenpark geselecteerd.

B.6 Modelling fosfaatzet

De modellering van fosfaatzet is vergelijkbaar met de aanpak zoals beschreven in het rapport uit 2013. De belangrijkste aanname is dat 100% van de vliegas zal worden ingezet, en dat deze vliegas 20% fosfaat bevat.



Bijlage C Inputgegevens

In Tabel 8 tot en met Tabel 14 is de informatie opgenomen die we van SNB hebben verkregen en die de basis is van de modellering.

De gegevens die voor de 2019-modellering zijn gebruikt, zijn in de basis hetzelfde als de gegevens voor 2017 (alleen de bestemming voor het vliegias is richting fosfaatertsvervanging).

Tabel 8 Processen/maatregelen SNB 2010, 2015, 2017 (prognose)

Processen/maatregelen	2010	2015	2017
DEMON	Nee	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk
HD-ketels	Nee	Ja	Ja
Nieuwe HD-turbine	Nee	Gedeeltelijk	Ja
Nieuwe tegendrukturbine	Nee	Nee	Ja
Anders, nl...	Stoommotor	-	-

Tabel 9 Verwerkt slib SNB 2010, 2015, 2017 (prognose)

Input	Eenheid	2010	2015	2017
Verwerkte slibhoeveelheid	Ton/jaar	424.072	448.284	448.284
Droge stof	%	23	23,1	23,1
Organische stof in droge stof	%	65	68,0	68,0

Tabel 10 Energiegegevens SNB 2010, 2015, 2017 (prognose)

Energie	Eenheid	2010	2015	2017
Aardgas (inkoop)	m ³ /jaar	499.752	505.697	505.697
Totale inkoop elektriciteit	kWh/jaar	24.447.381	7.502.437,0	524.993,9
Netto verbruik elektriciteit	kWh/jaar	23.686.774	6.667.211	-310.232
Bruto verbruik elektriciteit	kWh/jaar	26.928.732	28.658.441,0	28.658.441,0
Eigen opwekking elektriciteit	kWh/jaar	3.241.958	21.991.230	28.798.709
Levering op net	kWh/jaar	-	-84.982	-84.982
Omya	kWh/jaar	760.607	750.244,0	750.244,0

Tabel 11 Gebruikte hulpstoffen SNB 2010, 2015, 2017 (prognose)

Hulpstoffen	Eenheid	2010	2015	2017
Kalksteen/krijt	Kg/jaar	7.875.000	7.833.000	7.833.000
Kalkhydraat	Kg/jaar	615.480	828.000	828.000
Hertovencokes	Kg/jaar	53.530	92.000	92.000
Zoutzuur	Kg/jaar	1.504.000	1.774.000	1.774.000
Natronloog	Kg/jaar	2.777.000	353.000	353.000



Tabel 12 Outputs van slibverwerkingsproces + e.v.t. toepassing

Output (+toepassing)	Eenheid	2010	2015	2017
Gevaarlijk afval	Kg/jaar	2.321.000	2.031.000	2.031.000
Gevaarlijk afval → verbranding	Kg/jaar	500.000	84.000	84.000
Gevaarlijk afval → zoutmijn	Kg/jaar	1.821.000	1.295.000	1.295.000
Gevaarlijk afval → terugwinning zouten	Kg/jaar		652.000	652.000
Bedzand	Kg/jaar	1.941.000	1.943.000	1.943.000
Bedzand → stort	Kg/jaar	0		
Bedzand → ophoogzand na reinigen	Kg/jaar	0	1.943.000	1.943.000
CO ₂ → OMYA	Kg/jaar	40.100.000	39.735.000	39.735.000
Vliegas	Kg/jaar	36.752.000	36.142.000	36.142.000
Vliegas → vulstof asfalt	Kg/jaar	-	17.074.000	17.074.000
Vliegas → vulstof zoutmijn	Kg/jaar	-	9.177.000	9.177.000
Vliegas → vulstof afdekking stortplaats	Kg/jaar	-	5.782.000	5.782.000
Vliegas → vulstof beton	Kg/jaar	-	4.085.000	4.085.000
Vliegas → vulstof divers	Kg/jaar	-	24.000	24.000
Vliegas → concentratie P	%P ₂ O ₅	-	20,0	20,0
Vliegas → fosfaaterts	Kg/jaar	-	0	0
Vliegas → mijnbouw	Kg/jaar	-	-	-

Tabel 13 Emissies naar water in slibverwerkingsproces

Emissies naar water	Eenheid	2010	2015	2017
Afvalwater	m ³ /jaar	229.000	221.000	221.000
N-totaal in afvalwater	Kg/jaar	148.900	96.400	96.400

Tabel 14 Emissies naar lucht in slibverwerkingsproces

Emissies naar lucht	Eenheid	2010	2015	2017
Nitric oxide (N ₂ O)	Kg/jaar	80.470	58.300	58.300
Nitrogen oxides (NO _x)	Kg/jaar	40.500	35.030	35.030
Mercury (Hg)	Kg/jaar	1	7	7
Ammonia (NH ₃)	Kg/jaar	5.500	5.318	5.318
Hydrogen chloride (HCl)	Kg/jaar	1.220	626	626
Carbon monoxide, biogenic (CO)	Kg/jaar	2.270	1.994	1.994
Carbon monoxide, fossil (CO)	Kg/jaar	70	549	549
Sulfur dioxide (SO ₂)	Kg/jaar	7.200	3.763	3.763
Hydrocarbons, aromaten (C _x H _y)	Kg/jaar	550	840	840
Hydrocarbons, alkanen (C _x H _y)	Kg/jaar	550	840	840
Particulates, < 10 um (PM ₁₀)	Kg/jaar	425	615	615
Carbon dioxide, biogenic (CO ₂)	Kg/jaar	154.000.000	156.681.000	156.681.000
Carbon dioxide, fossil (CO ₂)	Kg/jaar	4.350.000	4.725.000	4.725.000

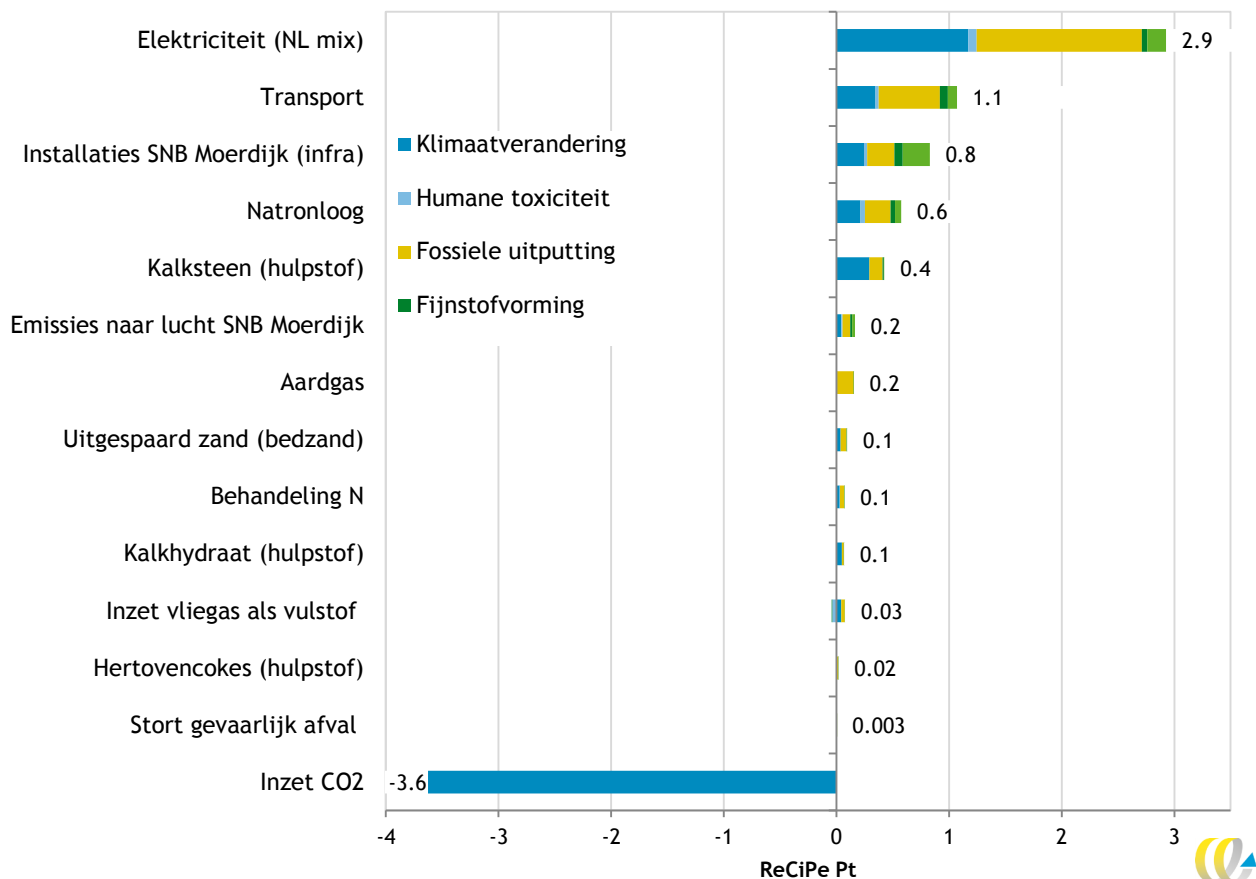


Bijlage D Grafieken detailresultaten

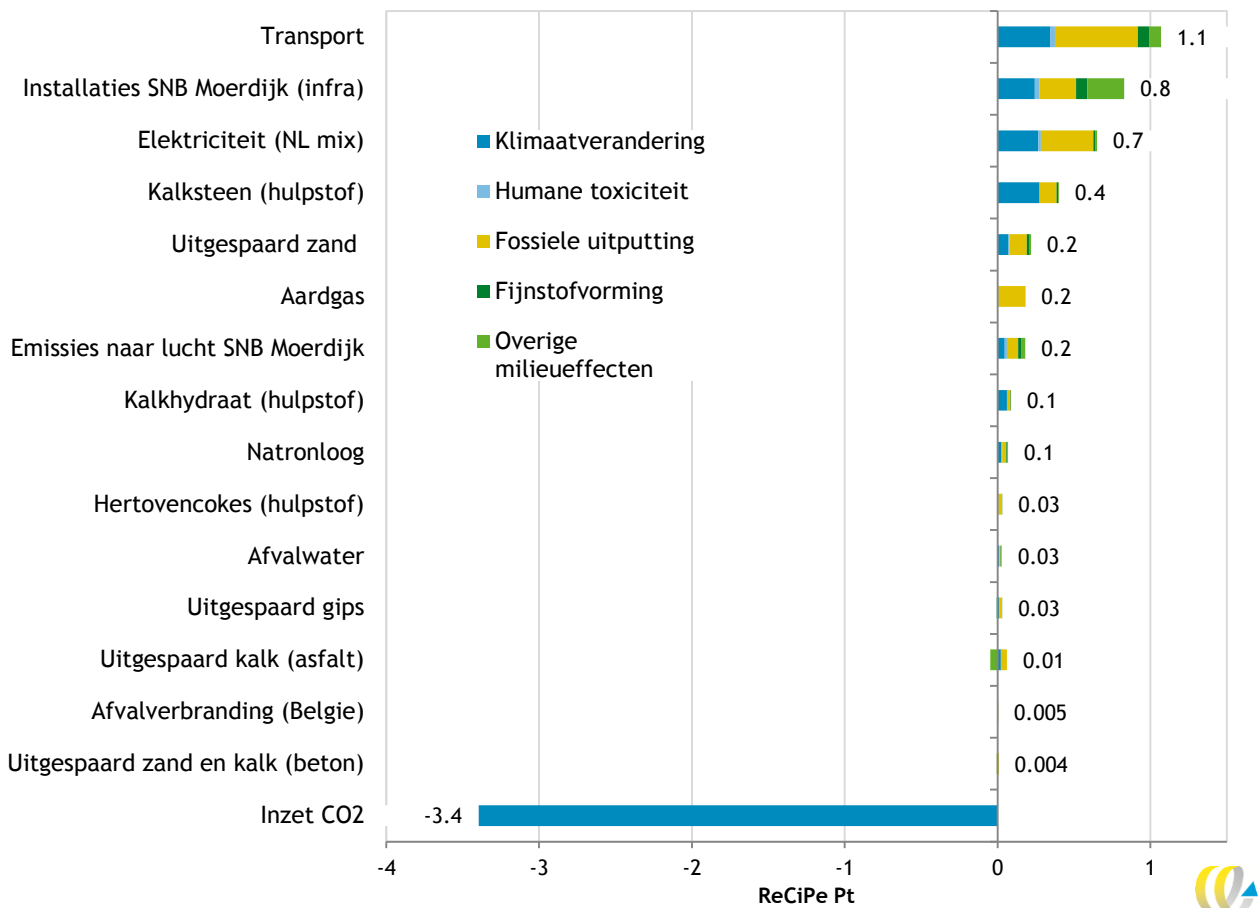
Deze bijlage bevat de detailresultaten van de uitgevoerde modellering, waarbij de bijdrage aan de milieuscore van de verschillende stappen in het proces helder inzichtelijk is. Een positieve bijdrage is netto milieuschade, een negatieve bijdrage is het voorkomen van milieuschade.

Figuur 10 bevat de analyse van het proces zoals dat in 2011 bedreven werd; Figuur 11 het proces in 2015 en Figuur 12 de huidige SNB-verwerkingsroute. Duidelijk te zien is de afname van de bijdrage van elektriciteit.

Figuur 10 Detailoverzicht bijdrage deelprocessen 2011 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



Figuur 11 Detailoverzicht bijdrage deelprocessen 2015 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)



Figuur 12 Detailoverzicht bijdrage deelprocessen 2017 (ReCiPe Pt/ton verwerkt slib)

